Benoît Bergeon
Professeur des Universités
44 rue Jules Guesde
33400 Talence

tél : 05 56 04 47 16
mèl : benoit-bergeon@wanadoo.fr

Talence le 22 septembre 2003

# Derrière la « suspension Crone »

Lettre ouverte à :
- Madame la Directrice de la Recherche, MENRT
- Monsieur le Directeur général du CNRS
- Mesdames et Messieurs les membres des Conseils Scientifique et d'Administration de l'Université Bordeaux 1 (collèges d'enseignants-chercheurs, par courriel).
- Les automaticiens de France (par courriel).

Les travaux de l'équipe Crone du LAP (UFR de Physique et ENSEIRB) ont été récompensés par l'attribution d'une médaille d'argent par le CNRS en 1998 à son responsable, le Professeur Alain Oustaloup. Ayant découvert une anomalie dans les articles décrivant le principe de cette suspension, 2 chercheurs du LAAS-CNRS de Toulouse, Gérard Montseny et Gérard Salut ont déclenché, en décembre 2000, une controverse qui agite encore la communauté des automaticiens français.

En juin 2003 l'équipe Crone a édité, sous les logos de l'Université Bordeaux 1 et de l'ENSEIRB, une brochure intitulée « **A côté de la suspension CRONE** », destinée aux tutelles et à ceux qui se sont exprimés sur cette polémique. En même temps que cette brochure, une page Web (www.enseirb.fr/epilog) prétend clore le débat scientifique sur l'affaire Crone en présentant les soutiens des départements SPI et STIC du CNRS, de la présidence de l'Université Bordeaux 1 et de la direction de l'ENSEIRB, de la section 61 du CNU, du club EEA, du GDR Automatique.

En novembre 2000, j'ai été alerté par notre collègue Gérard Montseny, chargé de recherche au LAAS (Toulouse), sur ce qui lui semblait être une erreur grave dans la conception de la suspension CRONE, telle que décrite dans l'article [1].

Après quelques réflexions et lectures, je lui ai répondu qu'effectivement son analyse sur les conséquences de l'omission de variation de poids consécutive à toute variation de masse mettait en cause la validité de la présentation théorique linéaire de la suspension CRONE. A l'appui, je lui ai transmis 2 citations concernant le principe de suspension hydropneumatique, l'une extraite d'un manuel de réparation automobile[1], de niveau CAP, l'autre de l'Encyclopædia Universalis[2], dans lesquelles il est clairement dit que l'aspect non

[1] « On utilise un matelas de gaz comprimé dans une enveloppe, dont le volume varie avec les déplacements relatifs des roues par rapport à la carrosserie. Il est possible d'obtenir ainsi une suspension dont la raideur varie en raison directe de la masse suspendue. En pratique, la fréquence des oscillations naturelles du véhicule se maintient entre 0,6 et 0,9 cycles par seconde, valeurs excellentes pour le confort des passagers. »M. Desbois, F. Touache et J. Tourancheau, L'automobile, technologie professionnelle générale, tome 2 : les organes de transmission et d'utilisation, Editions Foucher, Paris 1972.

[2] « Avec un tel dispositif, il est possible de réguler la quantité de liquide dans le circuit de suspension et de corriger ainsi automatiquement la hauteur du véhicule en fonction de la charge. En outre, la raideur de l'élément élastique varie en fonction du cas de chargement, ce qui autorise l'emploi de flexibilités favorables au confort

linéaire de la suspension hydropneumatique Citroën vis-à-vis des variations de masse, lui confère des propriétés d'adaptativité impossibles à obtenir par une suspension mécanique classique.

Au cours d'une réunion du comité directeur du LAP, j'ai déclaré mon accord sur la position scientifique de G. Montseny et G. Salut. Après plusieurs mois de « débats » menés au sein d'une commission interne au LAP, il m'a été demandé de signer la déclaration suivante, baptisée charte :

"Je, soussigné ... déclare:

adhérer au schéma directeur scientifique de l'UMR en cours de reconnaissance tel qu'il a été défini et expertisé par le CNRS.

ne pas susciter, alimenter, ni soutenir une polémique pouvant nuire au crédit scientifique de l'UMR, afin d'en préserver l'unité.

fait à Talence le 4 avril 2001"

Considérant qu'il est de la responsabilité inaliénable du chercheur scientifique (comme de tout citoyen), de défendre sa liberté d'analyse, d'opinion et d'expression, spécialement dans les domaines de sa compétence scientifique, je n'ai pas signé cette déclaration.

J'ai donc été exclu du LAP par son directeur, A. Oustaloup, en 2 épisodes (octobre 2001 puis septembre 2002), après son admission comme UMR 5131. Considérant qu'il s'agit d'un excès de pouvoir, j'ai porté l'affaire devant le Tribunal administratif de Bordeaux. Depuis cette exclusion, je suis placé dans l'incapacité d'exercer l'activité de recherche à laquelle m'oblige le statut de Professeur des Universités, bénéficiaire de plus d'une Prime d'encadrement doctoral et de recherche. Le motif d'exclusion est ma prise de position « incompréhensible et délibérément conflictuelle, contraire à celle des tutelles locales et nationales, de la communauté et du laboratoire », ignorant le principe de liberté d'expression du chercheur universitaire (garanti par statut).

Malgré la rédaction et la diffusion de 2 articles ([8 et 9]) et des courriers répétés aux instances et aux principaux intéressés (dont quelques-unes ci-jointes), je n'ai à ce jour reçu aucune réponse ni contradiction.

**Le fond scientifique.**

Dans la communication au CIFA 2002 [4], G. Montseny et G. Salut, du LAAS-CNRS, ont démontré l'inconsistance de la modélisation de suspension hydropneumatique utilisée dans les publications [1, 2, 3] de l'équipe Crone : l'absence de prise en compte du poids du véhicule suspendu conduit à des comportements non conformes à la réalité physique.

Les différentes réponses faites par l'équipe Crone à ces objections [5, 6] sont très confuses et contradictoires. Il en va de même, naturellement, des avis et commentaires des « spécialistes » qui se sont exprimés en faveur de l'équipe Crone.

Dans la première réponse à l'article [4], intitulée « Sur les remarques formulées sur la « suspension Crone » », l'équipe Crone affirme que :

- la « position d'équilibre statique est indépendante du poids »,

---

sans dégrader le comportement du véhicule. » Th. Halconruy, Automobile-technologie, Encyclopædia Universalis, Corpus 3, 1990, p 555.

- la fonction maintien de la charge statique est assurée par le correcteur de hauteur,
- citant un courrier de PSA à Geneviève Berger : « la suspension Crone présente des qualités d'adaptativité plus importantes que la série par la non-linéarité des raideurs », (courrier téléchargeable sur le site de enseirb.fr/epilog),
- dans la modélisation faite par l'équipe Crone, « les comportements des ressorts à gaz et des amortisseurs hydrauliques sont linéarisés *autour de la position d'équilibre statique* »,
- « Exclusivement liée au rapport des pressions de deux sphères consécutives, la variation des raideurs en fonction de la masse M… »,

En fait, la position d'équilibre est maintenue grâce à l'action d'un correcteur de hauteur, par injection d'huile sous pression. Le maintien de la charge statique (ou de son accroissement) est effectué par la pression de l'azote dans les sphères (resp. un accroissement de pression). La linéarisation permettant d'obtenir un modèle correct doit être faite autour d'un *état* d'équilibre (et non pas la seule position), cet *état* comprenant la pression des sphères puisque de cette pression dépendent les raideurs.

Outre que cette erreur de modélisation a permis à l'équipe Crone de présenter un système de suspension « idéal » sans raideur statique, elle fausse de façon notable les simulations numériques et rend caduques les interprétations théoriques sur la suspension Crone. C'est la conclusion des articles [8, 9], qui ont été soumis à revues et communiqués à plusieurs spécialistes (dont l'équipe Crone) et n'ont reçu à ce jour aucune objection ni contradiction sérieuse.

Il est remarquable par ailleurs que l'influence du poids (et de ses variations) soit reconnue par Xavier Moreau (co-auteur avec A. Oustaloup de tous les articles sur la suspension Crone) dans « De la suspension traditionnelle à la suspension Crone : un tour d'horizon » [7], publié en 2001 :

- « Dans le cas d'une suspension hydropneumatique, la présence d'une raideur fonction du carré de la masse suspendue confère à [la pulsation propre] une très faible sensibilité aux variations de [masse] », (c'est la qualité d'adaptativité),
- « …toujours en raison d'une raideur fonction du carré de la masse suspendue, le facteur d'amortissement réduit obtenu avec une suspension hydro-pneumatique présente une sensibilité aux variations de [masse] beaucoup plus importante que celle obtenue avec une suspension mécanique ».

Toutefois, ces remarques s'appliquent à la suspension hydropneumatique traditionnelle et ne sont pas discutées pour la suspension Crone.

Par contre, dans « Sur les nouvelles remarques formulées sur la suspension Crone », publiées sur internet en novembre 2002, on trouve :

- une illustration fonctionnelle prétendant démontrer la stabilité de la suspension Crone « idéale » (voir ci-dessus), et pour laquelle il est élémentaire de démontrer, précisément, l'absence de stabilité interne (voir [10]) : la sortie (qui doit être une position) de l'intégrateur représentant le vérin doit croître asymptotiquement en $t^{\nu}$, $0 < \nu < 1$;

- pour la ***deuxième version telle que mise en œuvre sur véhicule*** « le poids est compensé par l'effort statique développé par le vérin de suspension », mais cet effort est proportionnel à la pression d'azote dans la sphère ;
- une équation (34) qui décrit le comportement dynamique autour de la position d'équilibre, dans laquelle le poids est **naturellement absent !**
- En fait, le poids a été **artificiellement supprimé** à l'équation (24), puisque la dérivée partielle devrait être évaluée à pression constante donnée : la constante $C$ calculée devrait être écrite comme fonction de la pression d'équilibre, elle-même fonction du poids. Cette pseudo-constante $C$ intervient dans l'équation (34) au travers de la pseudo-constante $k_2$ définie à l'équation (30).

Appelé à témoigner devant la cour d'Appel de Toulouse, j'ai écrit (témoignage enregistré) « Il s'agit, de la part de l'équipe CRONE, sans doute d'erreurs grossières sinon de falsifications d'expérience ». Vous trouverez ci-joint copie des articles dans lesquels les différents points ci-dessus sont discutés et démontrés, analytiquement et en simulations.

La prétendue preuve apportée par la présentation de véhicule équipé de suspension Crone demande à être validée par une série de mesures publiques, prise selon un protocole expérimental rigoureux.

La suspension Crone est-elle celle qui est décrite dans les articles ? ou bien celle qui est implantée sur les prototypes ?

Je crains que les instances et un certain nombre de collègues de la communauté des automaticiens français ne se soient laissés abuser par les réponses confuses, contradictoires et erronées de l'équipe Crone.

Benoît Bergeon
Professeur
Université Bordeaux 1

**Pièces jointes**

Compte rendu de Guy Doumeingts, 13 février 2001.
Lettre à Guy Doumeingts, 26 février 2001.
Lettre d'Alain Oustaloup, 29 octobre 2001.
Lettre d'Alain Oustaloup à Francis Hardouin, 23 septembre 2002.
Lettre à Patrick Buat-Ménard, Vice-Président du Conseil Scientifique de Bordeaux 1, 16 décembre 2002.
Lettre à Philippe Marchegay, Directeur ENSEIRB, juillet 2003.
Lettre à Fancis Jutand, Directeur STIC CNRS, mai 2003.

**Références**

[1] OUSTALOUP A., MOREAU X., NOUILLANT M. The Crone Suspension, Control Engineering Practice, vol. 4, n 8, pp 1101-1108, 1996.

[2] OUSTALOUP A., MOREAU X. et MATHIEU X. Commande Crone : principes et exemples d'application. Techniques de l'Ingénieur, traité Mesures et Contrôle, R 7 422. 1997.

[3] OUSTALOUP A., MOREAU X., NOUILLANT M. From fractal robustness to non integer approach in vibration insulation : the Crone suspension. Proc. Of the 36th IEEE CDC, San Diego, Ca. Déc 1997.

[4] MONTSENY G., SALUT G., A propos de la « suspension Crone ». CIFA 2002, Nantes, juillet 2002.

[5] Equipe CRONE. Sur les remarques formulées sur la « suspension Crone », juillet 2002, www.lap.u-bordeaux.fr/rieussec/accueil.html.

[6] Equipe CRONE. Sur les nouvelles remarques formulées sur la suspension Crone, novembre 2002, www.lap.u-bordeaux.fr/rieussec/accueil.html.

[7] MOREAU X. De la suspension traditionnelle à la suspension crone : un tour d'horizon, journées Automatique et Automobile 2001, www.lap.u-bordeaux.fr/rieussec/accueil.html

[8] BERGEON B., "Etude et simulations de suspensions hydro-pneumatiques", www.laas.fr/gt-opd/.

[9] BERGEON et MONTSENY G. "Commentaire sur l'article R 7422 des Techniques de l'Ingénieur", www.laas.fr/gt-opd/.

[10] MONTSENY G., SALUT G., "A propos de la note de l'équipe Crone intitulée: Sur les nouvelles remarques formulées sur la suspension Crone'', Note interne, Janvier 2003; www.laas.fr/gt-opd/.